

Analisis Umur dan Keausan Pahat Karbida untuk Membubut Baja Paduan (ASSAB 760) dengan Metoda *Variable Speed Machining Test*

Hendri Budiman dan Richard

Laboratorium Proses Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Bung Hatta, Padang
Email: habhe_tm_ubh@yahoo.co.id

ABSTRAK

Umur pahat merupakan suatu data permesinan yang sangat penting dalam perencanaan permesinan. Dalam penelitian ini dijelaskan percobaan menentukan umur dan keausan pahat karbida untuk membubut baja paduan (ASSAB 760), sehingga dapat dimanfaatkan untuk melengkapi data permesinan mengenai umur pahat. Penelitian dilakukan dengan memperhatikan pengaruh kondisi pemotongan, dimana kecepatan potong divariasikan sedangkan kondisi pemotongan lain, seperti gerak makan dan kedalaman pemakanan tetap. Tujuan penelitian ini adalah menentukan umur pahat karbida yang digunakan untuk memotong baja paduan. Metoda grafik digunakan untuk analisa percobaan, untuk mendapatkan nilai eksponen n ($n=0,378$) dan konstanta umur Pahat Taylor C_T ($C_T=379$). Persamaan umur Pahat Taylor yang dihasilkan adalah $VT^{0,378}=379$. Hasil penelitian mendapatkan umur pahat untuk kecepatan potong rendah adalah 140.33 menit dan pada kecepatan potong tinggi 14,756 menit

Kata kunci: *Pahat potong karbida, baja paduan, umur pahat, keausan pahat, pembubutan*

ABSTRACT

A tool life is an important data in planning a machining process. In this research, an experiment was done to study life and wear of carbide cutting tool used in turning process of an alloy steel of ASSAB 760. Cutting speed was varied with other cutting variables (feedrate and depth of cut) was set fixed. Graphical method was used in the analysis to determine n exponential ($n=0,378$) and a constant of Taylor Tool Life ($C_T=379$). An equation of Taylor Tool Life was obtained as $VT^{0,378}=379$, which give A value of tool life of 140.33 minutes at low cutting speed and 14.756 minutes at high cutting speed.

Keywords: *Carbide cutting tool, alloy steel, tool life, tool wear, and turning.*

PENDAHULUAN

Selama proses permesinan berlangsung terjadi interaksi antara pahat dengan benda kerja dimana benda kerja terpotong sedangkan pahat mengalami gesekan. Gesekan yang dialami pahat oleh permukaan geram yang mengalir dan permukaan benda kerja yang telah terpotong. Akibat gesekan ini pahat mengalami keausan. Keausan pahat ini akan makin membesar sampai batas tertentu sehingga pahat tidak dapat dipergunakan lagi atau pahat telah mengalami kerusakan. Lamanya waktu untuk mencapai batas keausan ini yang didefinisikan sebagai umur pahat (*Tool Life*). Data mengenai umur pahat ini sangat diperlukan dalam perencanaan proses permesinan suatu komponen/produk. Contoh pada produksi komponen beberapa pahat harus diganti, ini dapat diketahui dengan menghi-

tung waktu total yang diperlukan untuk memotong satu produk kemudian dibandingkan dengan umur pahat yang dipakai. Contoh lain sampai batas keausan yang bagaimana dari pahat sehingga tidak mengganggu ketelitian produk yang dihasilkan, karena diketahui bahwa pahat yang mengalami keausan akan mempengaruhi ketelitian produk yang dihasilkan.

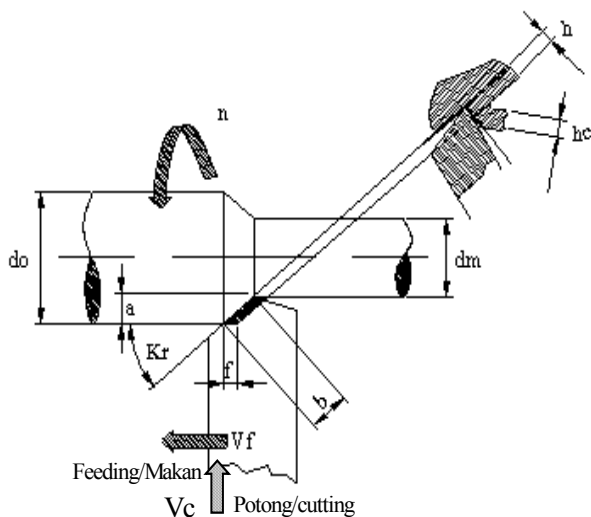
Umur pahat dapat diketahui dari brosur atau katalog yang dikeluarkan oleh produsen/penjual pahat, tetapi katalog ini tidak menginformasikan dengan jelas dan lengkap tentang pemakaian untuk pemotongan bendakerja apa. Umur pahat dapat juga diketahui dari Buku Pegangan Data Permesinan.

Umur Pahat secara pasti diketahui dari hasil pengujian permesinan (secara empiris) untuk pasangan material bendakerja dan pahat tertentu.

Jenis material benda kerja yang berbeda akan memberikan umur pahat yang berbeda juga. Dalam aplikasinya pahat digunakan untuk memotong berbagai macam benda kerja. Jadi untuk setiap pahat dan setiap material benda kerja harus mempunyai data umur dan kondisi pemotongan tertentu dalam setiap perencanaan proses permesinan. Berdasarkan latar belakang ini orang melakukan penelitian untuk setiap pahat dan material benda kerja yang digunakan untuk mendapatkan data umur dan kondisi permesinan. Salah satu dari penelitian mengenai umur pahat adalah yang dilakukan oleh Amber Pawlik at. al., (2002)[1] dimana umur pahat dianalisa dengan menggunakan Persamaan Rumus Pahat Taylor. Dalam penelitian ini variabel proses permesinan yakni putaran spindel divariasikan menjadi 3 tingkatan dengan gerak potong dan kedalaman potong konstan. Dari penelitiannya diperoleh persamaan rumus Taylor adalah $V.T^{0.2574} = 521.4$. Proses bubut merupakan salah satu proses permesinan untuk menghasilkan produk berbentuk silindrik. Gerak potong pada proses bubut dilakukan oleh bendakerja dan gerak makan dilakukan oleh pahat (Gambar 1).

Umur pahat ini sangat dipengaruhi oleh berbagai macam variabel proses, yakni jenis proses permesinan, material benda kerja dan pahat, geometri pahat, kondisi permesinan/pemotongan dan cairan pendingin (*coolant*) yang dipergunakan[2].

Penelitian ini melaporkan pengujian permesinan bubut dengan material benda kerja paduan (ASSAB 760) dan pahat Karbida. Dalam penelitian ini hanya kecepatan potong yang divariasikan sedangkan variabel proses yang lain ditetapkan.



Gambar 1. Proses Bubut [1]

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan umur pahat karbida, menentukan kondisi pemotongan yang optimum untuk pasangan benda kerja dan pahat di atas. Manfaat dari penelitian ini

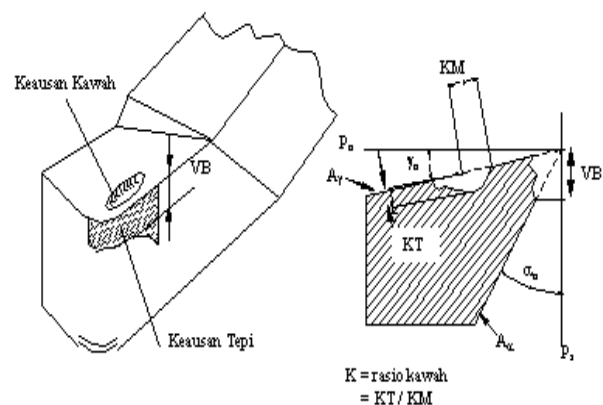
adalah umur pahat dan kondisi pemotongan yang diperoleh dapat digunakan sebagai data dalam perencanaan proses bubut komponen yang terbuat dari baja paduan (ASSAB 760) dan untuk melengkapi data permesinan mengenai umur pahat.

Bidang Aktif Pahat yang Mengalami Kerusakan/Keausan

Selama proses pembentukan geram berlangsung, pahat dapat mengalami kegagalan dari fungsinya yang normal karena berbagai sebab antara lain:

- Keausan yang secara bertahap membesar (tumbuh) pada bidang aktif pahat.
- Retak yang menjalar sehingga menimbulkan patahan pada mata potong pahat.
- Deformasi plastik yang akan mengubah bentuk/geometri pahat.

Jenis kerusakan yang terakhir di atas jelas disebabkan tekanan temperatur yang tinggi pada bidang aktif pahat dimana kekerasan dan kekuatan material pahat akan turun bersama naiknya temperatur.



Gambar 2: Keausan Kawah dan Tepi [1]

Keausan dapat terjadi pada bidang geram (A_r) dan/atau pada bidang utama (A_o) pahat (Gambar 3). Keausan dibedakan jadi 2 macam yaitu:

- Keausan kawah (*crater wear*)
- Keausan tepi (*flank wear*)

Mekanisme Keausan & Kerusakan Pahat

Berdasarkan hasil-hasil penelitian mengenai keausan dan kerusakan pahat dapat disimpulkan bahwa penyebab keausan dan kerusakan pahat dapat merupakan suatu faktor yang dominan atau gabungan beberapa faktor tertentu. Faktor-faktor penyebab tersebut antara lain[3]:

- Proses Abrasif
- Proses Kimiawi
- Proses Adhesi

- Proses Difusi
- Proses Oksidasi
- Proses Deformasi Plastik
- Proses Keretakan, dan Kelelahan

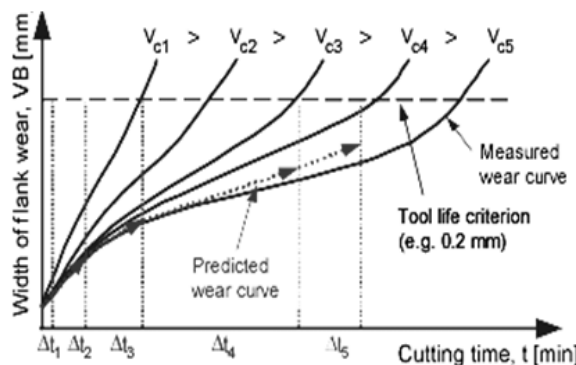
Umur Pahat

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa, umur pahat dapat didefinisikan sebagai lamanya waktu yang diperlukan untuk mencapai batas keausan yang ditetapkan.

Saat proses permesinan berlangsung bahwa pahat telah mencapai batas keausan yang telah ditetapkan (umurnya) dari kriteria berikut [2]:

- Adanya kenaikan gaya potong,
- Terjadinya getaran/*chatter*,
- Penurunan kehalusan permukaan hasil permesinan, dan/atau
- Perubahan dimensi/geometri produk.

Dengan menentukan kriteria saat habisnya umur pahat seperti di atas, maka umur pahat dapat ditentukan yaitu mulai dengan pahat baru (setelah diasah atau *insert* telah diganti) sampai pahat yang bersangkutan dianggap tidak bisa digunakan lagi. Dimensi umur dapat merupakan besaran waktu, yang dapat dihitung secara langsung maupun secara tidak langsung dengan mengkorelasikan terhadap besaran lain. Hal tersebut dimaksudkan untuk mempermudah prosedur perhitungan sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan.



Gambar 3. Pertumbuhan Keausan Tepi untuk Gerak Makan Tertentu dan Kecepatan Potong yang Berbeda [3]

Pertumbuhan Keausan

Pada dasarnya dimensi keausan menentukan batasan umur pahat. Dengan demikian kecepatan pertumbuhan keausan menentukan laju saat berakhirnya masa guna pahat. Pertumbuhan keausan tepi (*flank wear*) pada umumnya mengikuti bentuk, yaitu dimulai dengan pertumbuhan yang relatif cepat sesaat setelah pahat digunakan diikuti pertumbuhan yang linier setaraf dengan bertambahnya waktu pemotongan dan kemudian pertumbuhan

yang cepat terjadi lagi (Gambar 3). Saat dimana pertumbuhan keausan cepat mulai berulang lagi dianggap sebagai batas umur pahat, dan hal ini umumnya terjadi pada harga keausan tepi (VB) yang relatif sama untuk kecepatan potong yang berbeda. Sampai saat batas ini, keausan tepi (VB) dapat dianggap merupakan fungsi pangkat (*power function*) dari waktu pemotongan (t_c) dan bila digambarkan pada skala dobel logaritma maka mempunyai hubungan linier. Persamaan yang menunjukkan hubungan kecepatan potong dengan umur pahat pertama kali dikemukakan oleh F.W Taylor pada tahun 1907 [2].

Untuk harga yang tetap bagi batas dimensi keausan serta kombinasi pahat dan benda kerja tertentu, maka hubungannya sebagai berikut [2]:

$$V \cdot T^n = C_T \quad (1)$$

dimana:

C_T = konstanta umur pahat Taylor

V = kecepatan potong

n = harga eksponen

Persamaan (1) di atas dikenal dengan nama *Persamaan Umur Pahat Taylor*. Harga Konstanta C_T dan eksponen n diperoleh dengan melakukan praktek pemotongan/permesinan material benda kerja. Semakin kecil harga eksponen n , maka umur pahat yang bersangkutan sangat dipengaruhi oleh kecepatan potong.

Menurut penelitian yang pernah dilakukan [2], pengaruh perubahan variabel permesinan terhadap perubahan umur pahat, secara berurutan dari yang paling besar pengaruhnya adalah:

- Kecepatan potong, v ; bila diubah +5%, T turun 20%,
- Batasan keausan, VB ; bila diubah +5%, T naik 10%,
- Tebal geram atau gerak makan; bila diubah +5%, T turun 5%,
- Lebar geram, atau kedalaman potong; bila diubah +5%, T turun 2%.

METODE PENELITIAN

Metoda yang menjadi dasar dalam bentuk penelitian untuk memperoleh kondisi pemotongan yang memberikan umur pahat yang optimal ini adalah "test cepat" salah satu metode ini adalah "*Variable Speed Machining Test*". Penelitian dilakukan dengan bervariasi kecepatan potong. Dari persamaan Umur Pahat Taylor diperoleh harga eksponen n dan konstanta C_T . Analisa pengujian ini dilakukan dengan metode grafik.

Objek Penelitian

Objek penelitian yang akan diselidiki dalam penelitian ini adalah:

- Menganalisa keausan tepi (VB) dan keausan kawah (KT) terhadap umur pahat
- Pengaruh kecepatan potong yang divariasikan terhadap umur pahat.
- Menentukan harga eksponen n dan konstanta C_T dari persamaan umur pahat Taylor dengan metode grafik.

Metoda Pengukuran

- Pengaruh variasi kecepatan potong terhadap umur pahat
Dilakukan dengan cara mengukur keausan untuk setiap variasi kecepatan potong. Hasil pengukuran dapat ditampilkan berupa grafik. Grafik yang dihasilkan merupakan hubungan antara dimensi keausan VB (sumbu Y) dan waktu pemotongan t_c (sumbu X). Penentuan umur pahat (T_1) pada kecepatan potong (v_1) dimana kriteria saat berakhirnya umur pahat adalah harga keausan tepi (VB mak) = 0.2 mm.
- Penentuan harga eksponen n dan konstanta C_T
Dapat dilakukan dengan menggunakan analisa pendekatan secara grafis dengan menggunakan grafik hubungan antara umur pahat dengan kecepatan potong dengan menggunakan skala dobel logaritma. Konstanta C_T ditentukan secara ekstrapolasi yaitu pada harga $T=1$ menit dan harga eksponen n merupakan kemiringan garis regresi liner.
- KeausanTepi
Alat yang digunakan untuk mengukur keausan tepi pahat adalah *Mitutoyo Toolmaker Microscope*. Pengukuran keausan tepi dilakukan dengan meletakkan dasar pahat pada meja ukur, dimana bidang mata potong P_s diatur sehingga tegak lurus sumbu optik. Dalam hal ini besarnya keausan tepi dapat diketahui dengan mengukur panjang VB (mm), yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan (mata potong terdekat dipakai sebagai referensi) sampai ke garis rata-rata bekas keausan pada bidang utama.
- Keausan Kawah
Keausan kawah dapat diukur dengan menggunakan alat ukur kekasaran permukaan. Dalam hal ini jarum/sensor digeserkan pada bidang geram dengan sumbu pergeseran diatur sehingga sejajar dengan bidang geram.
Cara pengukurannya adalah benda kerja diletakkan di meja mesin kemudian sensor alat ukur digerakkan di atas permukaan yang akan diukur. Pengukuran dilakukan di beberapa tempat/daerah sebanyak tiga kali dan hasil pengukuran dirata-ratakan. Pengukuran dilakukan dengan arah sudut 90° terhadap arah pengasahan/pengerindaan permukaan bidang geram.

e. Fenomena Keausan

Untuk melihat fenomena keausan yang terjadi dapat dilihat dengan alat Mikroskop optik. Mikroskop optik pada penelitian ini digunakan untuk dapat melihat fenomena keausan yang terjadi.

Variabel-Variabel Proses dan Nilainya

Dalam pengujian ini variabel yang ditentukan tingkatan nilainya untuk diteliti adalah kecepatan potong (v_c). Variasi kecepatan potong dilakukan dengan cara memilih tingkatan untuk masing masing daerah kecepatan potong rendah, sedang dan tinggi. Cara ini cukup untuk melihat pengaruh faktor-faktor tersebut dengan pendekatan analisis umur pahat dengan metoda Grafik Umur Pahat Taylor. Faktor-faktor tersebut dan tingkatan nilainya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel Kecepatan Potong (v_c) dan Tingkatannya

No	Kecepatan Potong (V_c) (m/min)	Gerak Makan (f) (mm/r)	Kedalaman Makan (a) (mm)
1	170,816	0,2	0,5
2	120,576	0,2	0,5
3	80,384	0,2	0,5
4	54,259	0,2	0,5

Susunan pengujian ini dilakukan pada material benda kerja dengan pemantauan keausan pada setiap proses pemotongan. untuk variasi masing masing kecepatan potong dilakukan proses pemotongan sebanyak tiga kali untuk melihat ketepatan hasil yang diperoleh.

Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian dilakukan setelah persiapan pengujian siap yang meliputi persiapan pahat, material benda kerja, mesin bubut dan alat ukur yang digunakan.

Pahat yang digunakan adalah pahat karbida. Material bendakerja adalah adalah baja paduan (ASSAB 760) dengan komposisi C=0.5-0.3%, Mn=0.6%, P=0.04%, S=0.04%, kekerasannya 200 BHN. Dengan diameter bendakerja 30 mm dan panjang permesinan 300 mm.

Mesin Bubut yang digunakan untuk pengujian dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Merek : HARRISON
- Tipe : M 300
- Sumber Daya : 415 V, 3 fasa 50 Hz.
- Motor : 3 HP (2,2 kW), 1420 rpm.
- Putaran Spindel maks : 2500 rpm.

Alat ukur yang digunakan adalah *Toolmaker Microscope* untuk mengukur keausan tepi, alat ukur kekasaran *Surftest* untuk mengukur keausan kawah dan mikroskop optik melihat fenomena proses keausan.

Prosedur Pengujian

- Benda kerja berbentuk poros dengan diameter 30 mm dan panjang permesinan 350 mm di-cekamkan pada spindel mesin bubut.
- Pahat dipasangkan pada *tool post*, atur agar pahat tegak lurus terhadap sumbu spindel.
- Lakukan pengujian proses bubut silindrik dengan variabel proses permesinan yang telah ditentukan serta catat waktu pemotongan dengan menggunakan *stopwatch* dengan lama pemantauan keausan sampai mencapai batas kritis keausan tepi ($VB_{max} = 0,2$ mm). Pada waktu yang telah ditentukan keausan pahat diukur.
- Hentikan mesin, Lakukan pengukuran keausan pahat (keausan tepi) dengan menggunakan *Toolmaker Microscope*.
- Apabila pada pengukuran pertama batas keausan kritis belum tercapai, maka pemotongan dapat dilanjutkan kembali sampai batas keausan yang ditetapkan. Umur pahat merupakan seluruh waktu pemotongan sehingga dicapai batas keausan yang ditetapkan.
- Untuk percobaan kedua dilakukan kembali proses bubut dengan variabel proses permesinan yang sesuai dengan susunan pengujian dan dilakukan kembali pengukuran keausan tepi.
- Pengujian ini diulangi sampai semua percobaan selesai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian yang telah dilakukan, diperoleh kondisi pemotongan yang memberikan umur pahat yang optimal dari pahat karbida dengan memvariasikan kecepatan potong (V_c) menjadi 4 tingkatan.

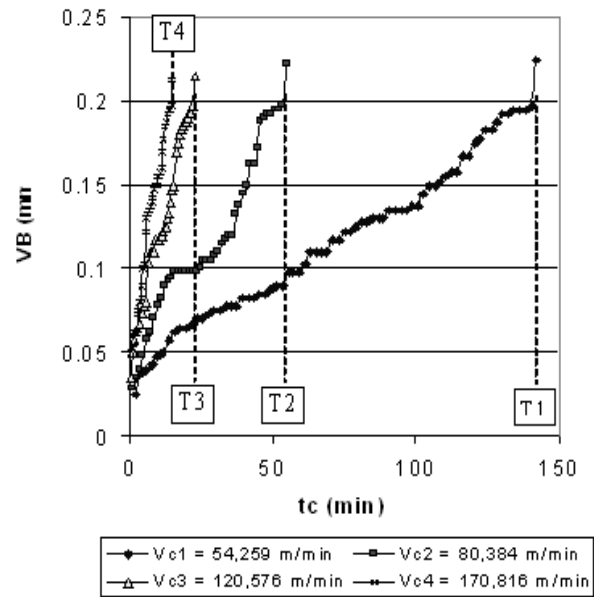
Keausan Tepi (VB) dan Umur Pahat

Umur pahat merupakan seluruh waktu pemotongan (t_c) sehingga dicapai batas keausan yang telah ditetapkan ($VB_{maks} = 0,2$ mm). Pertumbuhan keausan pahat pada kecepatan potong yang berbeda sampai batas kritis keausan pahat karbida.

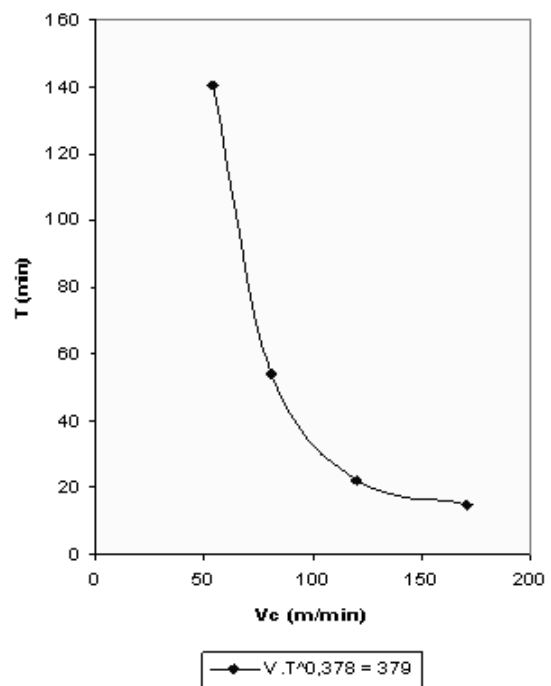
Tabel 2. Data Hasil Pengujian

Pahat	n	Vc	a total	tc	VB	T	Ra	Tingkat
	(rpm)	(m/menit)	(mm)	(min)	(mm)	(min)	(μ m)	Kekasaran (ISO Standard)
1.	1700	170,816	18,5	15,096	0,2125	14,756	0.8	N6 (Normal)
2.	1200	120,576	19,5	22,698	0,215	22,199	1.2	N7 (Normal)
3.	800	80,384	22	54,868	0,2225	53,746	2.0	N8 (Normal)
4.	540	54,259	36	142,128	0,225	140,33	3.2	N8 (Normal)

3



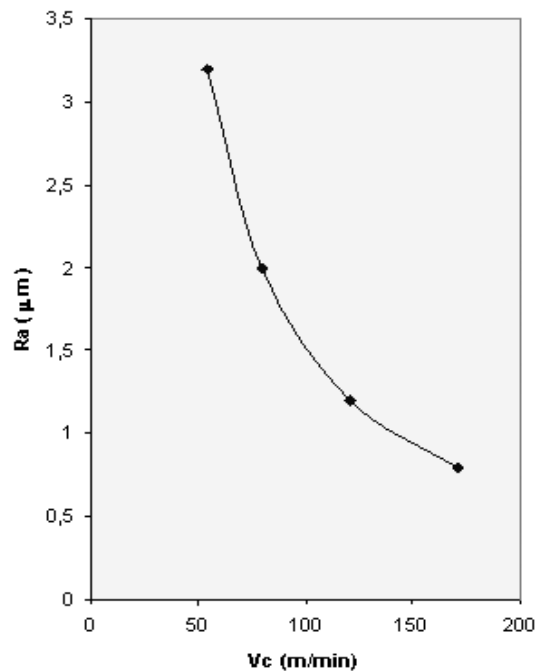
Grafik 4. Grafik Laju Keausan Pahat Karbida (Keausan tepi merupakan fungsi pangkat dari waktu pemotongan)



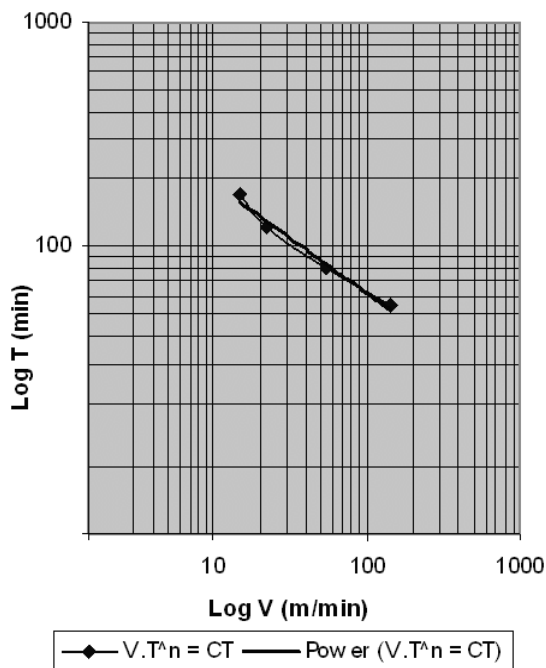
Gambar 5. Grafik Umur Pahat untuk Setiap Kecepatan Potong

Eksponen n dan Konstanta C_T Umur Pahat Taylor

Umur pahat ditentukan dengan rumus Taylor. Umur pahat juga dapat diperkirakan dengan cara grafis, yaitu dengan mengplot data hasil pengujian pada skala doble logaritma, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 6. Grafik Kekasaran Permukaan untuk Setiap Kecepatan Potong



Grafik 7. Grafik Laju Keausan Pahat Pahat Karbida untuk Menentukan Harga n dan CT Rumus Pahat Taylor (digambarkan dalam skala doble logaritma)

Keausan Tepi (VB) Pahat Karbida

Keausan tepi terjadi pada bidang utama/ mayor, dan pengukuran keausan tepi (VB) dilakukan dengan mengukur panjang VB yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan (mata potong pahat didekatnya dijadikan referensi) sampai kegaris rata-rata bekas keausan pada bidang

utama. Batas keausan tepi untuk pahat Karbida dengan material benda kerja baja adalah sebesar 0,2 mm–0,6 mm dengan waktu pemotongan yang berbeda. Dimana dalam penelitian ini kriteria saat berakhirnya umur pahat (T) adalah pada harga keausan tepinya ($VB_{maks} = 0,2 \text{ mm}$), jadi dengan berakhirnya umur pahat maka pahat dianjurkan tidak dipakai lagi.

Pengaruh Kondisi Pemotongan

Berdasarkan grafik pertumbuhan keausan tepi yang ditunjukkan Gambar 4, untuk kecepatan potong yang berbeda tampak bahwa setiap pahat memiliki kecenderungan yang hampir sama. Pada saat pahat mulai digunakan keausan tepi mulai tumbuh relatif cepat kemudian diikuti dengan pertumbuhan yang relatif lambat, cenderung linier dan nilai VB yang sama untuk beberapa jumlah pemotongan dan kemudian pertumbuhan keausan yang cepat berulang terjadi lagi, bila digambarkan pada skala doble logaritma akan mempunyai hubungan linier dan saat dimana pertumbuhan cepat mulai berulang lagi dianggap sebagai batas umur pahat.

Laju keausan meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan potong. Dari Gambar 4 terlihat bahwa laju keausan lebih cepat terjadi pada $V_c = 170,816 \text{ m/min}$ dan paling lambat pada $V_c = 54,259 \text{ m/min}$. Hal ini disebabkan karena kenaikan gaya potong, besarnya gaya pemotongan akan memberikan tekanan yang besar pada pahat sehingga temperatur pemotongan meningkat karena hampir seluruh energi pemotongan diubah menjadi panas melalui gesekan antara geram dengan pahat dan antara pahat dengan benda kerja.

Pengaruh Material Benda Kerja dan Pahat

Dalam pengujian ini pemotongan dilakukan pada kecepatan yang tinggi, karena material benda kerja merupakan baja paduan sehingga pertumbuhan keausan pahat yang digunakan terjadi relatif lebih lama. Di samping itu, dari jumlah data yang diperoleh lebih banyak sehingga dari grafik laju keausan pada awal pemotongan pertumbuhan keausan pahat tumbuh relatif cepat kemudian lambat (linier), dan cenderung diperoleh nilai keausan yang sama.

Pertumbuhan keausan akan cepat lagi setelah mendekati batas kritis keausannya pada Gambar 4 tidak begitu tampak. Penyimpangan ini disebabkan karena posisi objek ukur yang tidak sama untuk setiap pengukuran dan posisi pengukuran tidak selalu berhimpit dengan garis sumbu, pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran yang mikro geometri sehingga sangat berpengaruh dalam pembacaan hasil pengukuran.

Pada kecepatan potong rendah terbentuk BUE (*Built Up Edge*) yakni penumpuk logam pada mata potong. BUE merupakan struktur yang dinamik yang dapat terkelupas seluruhnya bila ada beban kejut sehingga membawa sebagian lapisan terluar pahat. Pada kecepatan potong rendah juga terjadi proses abrasif yang menggesek permukaan bidang utama namun tidak begitu mencolok.

Dalam pengujian ini juga dilakukan pengamatan terhadap keausan kawah yang terjadi. Keausan kawah terbentuk dengan patahnya *chip breaker* pada bidang geram pahat. Pengamatan dilakukan setelah keausan tepi melebihi batas kritisnya. Dari hasil pengukuran terlihat bahwa keausan kawah yang besar terjadi pada $V_c = 170,816 \text{ m/min}$.

Umur Pahat

Umur pahat merupakan seluruh waktu pemotongan (t_c) sehingga dicapai batas keausan yang telah ditetapkan ($VB_{maks} = 0,2 \text{ mm}$). Pertumbuhan keausan pahat pada kecepatan potong yang berbeda sampai batas kritis keausan pahat Karbida. Umur pahat dapat ditentukan secara Analisis Empiris yakni dengan menggunakan persamaan umur pahat Taylor, selain itu juga dapat diperkirakan dengan Analisis Pendekatan secara grafis.

Berdasarkan grafik umur pahat yang ditunjukkan Gambar 4, terlihat bahwa dengan meningkatnya kecepatan potong (V_c) maka keausan pahat akan meningkat juga dan umur pahat akan menurun. Jadi dengan semakin landai grafik hasil pengujian maka umur pahat akan semakin panjang, begitu juga sebaliknya semakin tajam grafik hasil pengujian maka umur pahat akan semakin pendek.

Umur pahat dapat ditentukan dari kecepatan potongnya. Dari Gambar 5 terlihat bahwa semakin besar kecepatan potong maka umur pahat semakin pendek. Dimana dari grafik terlihat umur pahat yang paling panjang terjadi pada kecepatan potong rendah ($V_c = 54,259 \text{ m/min}$) dan umur pahat yang paling singkat terjadi pada kecepatan potong yang tinggi ($V_c = 170,816 \text{ m/min}$).

Kekasaran permukaan benda kerja bergantung pada kecepatan potongnya. Dari Gambar 6 dapat dilihat, semakin besar kecepatan potong maka kekasaran permukaan benda kerja semakin kecil. Bila kecepatan potong ($V_c = 170,816 \text{ m/min}$) maka nilai kekasaran permukaannya ($R_a = 0,8 \mu\text{m}$). Sedangkan kecepatan potong ($V_c = 54,259 \text{ m/min}$) maka nilai kekasaran permukaannya ($R_a = 3,2 \mu\text{m}$).

Penentuan Harga Eksponen n dan Konstanta C_T dengan Rumus Taylor

Umur pahat dapat ditentukan juga secara analisis Empiris yakni salah satunya dengan menggunakan persamaan umur pahat Taylor (persamaan 1). Dari persamaan terlihat kombinasi antara

kondisi pemotongan (kecepatan potong, V_c) dan umur pahat yang telah diperoleh dengan harga eksponen n dan konstanta C_T .

Dari hasil pengujian umur pahat ini, setelah diperoleh umur pahat yang berbeda dari analisis pendekatan secara grafis dapat ditentukan harga eksponen n dan konstanta C_T dari rumus Taylor dengan metoda grafik yakni Analisis Garis Regresi [2] seperti terlihat pada Gambar 7.

Harga eksponen n merupakan harga spesifik bagi suatu kombinasi pahat dengan benda kerja, dan konstanta C_T dipengaruhi oleh geometri pahat, kondisi benda kerja, kondisi pemotongan dan batas keausan maksimum [2].

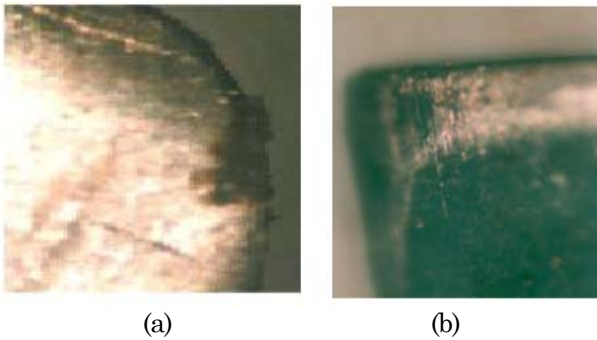
Harga eksponen n dan konstanta C_T dari hasil pengujian juga dapat diperoleh dengan memplot data pada grafik dengan menggunakan skala dobel logaritma dimana harga eksponen n diperoleh dari kemiringan grafik dimana $n = \tan \alpha$ atau perbandingan nilai y/x . Dan konstanta C_T dapat diperoleh dengan ekstrapolasi n pada $T = 1$ menit yang merupakan perpanjangan garis linear n . Dari analisis tersebut akan diperoleh harga eksponen n dan konstanta C_T . Hasil pengujian umur pahat Karbida pada proses bubut silindrik Baja Paduan Assab 760, diperoleh harga eksponen $n = 0,378$ dan konstanta $C_T = 379$ sehingga persamaan umur pahat $V_c T^{0,378} = 379$.

Fenomena Keausan Pahat Karbida

Pada $V_c = 54,259 \text{ m/min}$

Pada kecepatan ini keausan yang terjadi disebabkan oleh proses abrasif yang terjadi karena pengaruh gesekan antara geram dengan bidang geram dan bidang utama pahat. Proses abrasif ini terus membesar baik pada bidang utama pahat maupun pada bidang geram. Pada bidang utama proses abrasif ini akan menjadi keausan tepi sedangkan pada bidang geram akan membuat permukaan bidang geram akan bertambah kasar. Akibatnya semakin lama pahat akan mengalami keausan yang ditandai dengan permukaan benda kerja yang dipotong bertambah kasar, gaya pemotongan yang terjadi bertambah besar yang ditandai dengan bunyi pada mesin yang bertambah keras. Keausan akibat proses abrasif ini akan terus berkembang sampai mencapai batas kritis keausan pahat.

Mekanisme keausan yang terjadi karena adanya partikel yang keras pada benda kerja yang bergesekan dengan aliran material benda kerja pada bidang utama dan bidang geram. Pada bidang utama mekanisme ini lama kelamaan akan menyebabkan terjadinya keausan tepi, bagi pahat karbida pengaruh proses abrasif ini tidak begitu mencolok karena sebagian besar struktur pahat karbida merupakan karbida yang sangat keras, seperti yang terlihat pada Gambar 8.



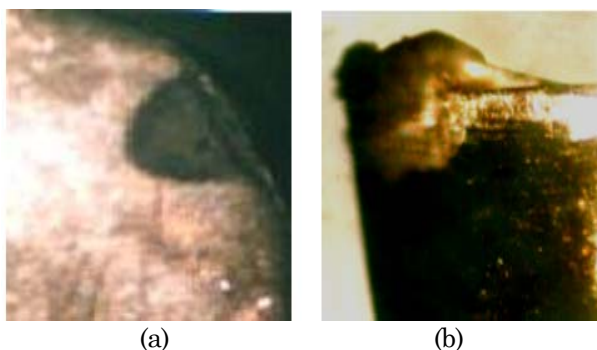
Gambar 8. (a) Mekanisme Abrasif pada Bidang Geram (b) Mekanisme Abrasif pada Bidang Utama

Pada $V_c = 80,384$ m/min

Pada kecepatan ini keausan yang disebabkan oleh proses abrasif terbentuk lebih cepat dan lebih besar sehingga keausan tepi yang terjadi lebih cepat mencapai batas kritis. Pada kecepatan ini besarnya keausan tepi yang terbentuk ditandai dengan permukaan bidang utama pahat lebih kasar. Keausan ini disebabkan oleh gesekan antara aliran material benda kerja pada bidang geram dan bidang utama pahat.

Selain proses abrasif, keausan yang terjadi pada kecepatan ini juga disebabkan oleh adanya gaya adhesi. Gaya adhesi ini akan mengakibatkan penumpukan metal pada mata potong yang terkenal dengan nama BUE (*Built Up Edge*). BUE terbentuk sangat besar dan lebih cepat pada mata potong. Hal ini dapat kita lihat dengan menggunakan mikroskop optik.

Terjadinya penumpukan lapisan material yang baru saja terbentuk yang menempel pada sekitar bidang utama dan bidang geram. Mekanisme keausan ini disebabkan karena pada tekanan dan temperatur yang relatif tinggi menyebabkan permukaan logam yang baru terbentuk menempel (bersatu seolah-olah dilas) dengan permukaan logam yang lain.



Gambar 9. (a) Keausan Kawah Akibat Mekanisme Adhesi (b) Mekanisme BUE yang Disebabkan Mekanisme Adhesi

Mekanisme adhesi yang terjadi adalah BUE (*Built Up Edge*) yang merupakan penumpukan lapisan material pada bidang geram dekat mata potong. Mekanisme ini lama kelamaan akan membuat permukaan bidang geram menjadi kasar akibatnya keausan kawah yang terbentuk menjadi besar. BUE terbentuk lebih dominan pada kecepatan potong rendah ($V_c = 54,259$ m/min, semakin membesar dan menghilang seiring dengan bertambahnya waktu pemotongan.

Pada $V_c = 120,576$ m/min

Pada kecepatan ini keausan yang terjadi disebabkan oleh proses abrasif, adhesi dan kimiawi. Pada awal pemotongan mata potong pahat terlihat seperti terbakar dan menimbulkan bunyi yang keras pada mesin. Proses pemotongan ini sangat kimiawi aktif dimana material benda kerja yang baru saja terpotong langsung menempel pada bidang geram dan bidang utama pahat didekat mata potong.

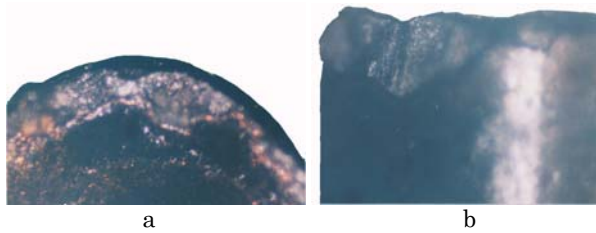
Akibat adanya gaya adhesi maka BUE yang terbentuk sangat besar. Pada kecepatan inilah keausan tepi dan penumpukan metal pada mata potong (BUE) terbentuk lebih cepat hingga mencapai batas kritis keausan tepi maksimal.

Mekanisme kimiawi terjadi karena permukaan material benda kerja yang baru saja terbentuk (permukaan geram dan permukaan benda kerja yang telah terpotong) sangat kimiawi aktif sehingga mudah bereaksi kembali dengan udara atau *coolant* dan menempel pada permukaan pahat sehingga akan mengurangi derajat penyatuan (afinitas) dengan permukaan pahat. Akibatnya proses keausan karena gesekan akan terjadi lebih cepat.

Pada $V_c = 170,816$ m/min

Pada kecepatan ini keausan yang terjadi lebih kompleks dimana keausan yang terjadi disebabkan oleh proses abrasif, adhesi, kimiawi, dan deformasi plastis. Pada awal pemotongan mata potong pahat terlihat seperti terbakar dan menimbulkan bunyi yang keras pada mesin. Proses pemotongan ini sangat kimiawi aktif dimana material benda kerja yang baru saja terpotong langsung menempel pada bidang geram dan bidang utama pahat didekat mata potong.

Mekanisme ini terjadi karena pahat terdeformasi plastis akibat beban tekan dan deformasi karena beban geser yang tinggi pada bidang geram sehingga menyebabkan terjadinya keausan kawah. Hal ini disebabkan seiring bertambahnya waktu pemotongan dan peningkatan temperatur pemotongan sehingga kekuatan pahat menurun seperti yang terlihat pada Gambar 10. ($V_c = 170,816$ m/min) berikut.



Gambar 10. (a) Bidang Geram, (b) Bidang Utama

Dalam penelitian ini, mekanisme deformasi akibat beban tekan terjadi pada kecepatan potong. Di samping itu pada kecepatan potong yang tinggi, keausan kawah yang terjadi lebih besar

KESIMPULAN

Dari pengujian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada gerak makan tertentu dengan penambahan kecepatan potong juga mengakibatkan terjadinya kenaikan keausan tepi pahat sehingga umur pahat akan menurun.
2. Persamaan umur pahat Taylor untuk kombinasi pahat Karbida dengan benda kerja Baja Paduan Assab 760 , diperoleh harga eksponen $n = 0,378$ dan konstanta $C_T = 379$. Sehingga persamaan umur pahat Taylor adalah $V.T^n = C_T \leftrightarrow V.T^{0,378} = 379$.
3. Kenaikan kecepatan potong (V_c) akan mempercepat terjadinya keausan tepi pahat (VB), sehingga umur pahat akan menurun. Dan pada kecepatan potong yang sama pertumbuhan keausan tepi (VB) akan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pemotongan.
4. Semakin lama pahat kita gunakan maka akan mengalami keausan yang ditandai dengan permukaan benda kerja yang dipotong bertambah kasar, gaya pemotongan yang terjadi bertambah besar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pawlik, A., et al. 2002, *Tool Life Experiment*, 12 Maret 2004, <www.personal.psu.edu/users/h/hhw103/Groupreport.pdf>.
2. Taufiq Rochim, *Teori dan Teknologi Proses Permesinan*, Bandung, Jurusan Teknik Mesin, FTI-ITB, 1993.
3. Sanvik Coromant, 2003, *Technical Information: Tool Wear*, 12 Maret 2004. <<http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/products/steelturning/pdf/>>.